

La gestió dels fangs de depuradora. Bones i males pràctiques

Montserrat Soliva i Torrentó, Oscar Huerta Pujol i Marga López Martínez
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. UPC-Campus Baix Llobregat
montserrat.soliva@upc.edu

1. Introducció

L'augment de la població i la seva concentració en determinades zones ha portat a la necessitat de depurar les aigües residuals generades per poder-les abocar a la llera pública o poder ser reutilitzades; en aquest sentit s'ha fet una tasca molt important pel que respecta a instal·lació de depuradores i millora de les tecnologies, però s'ha deixat molt de banda el destí dels fangs generats en aquesta depuració. Aquests presenten una composició general en la que destaca un contingut elevat en aigua, matèria orgànica fermentable i nitrogen que obliguen a que s'hagin de gestionar correctament per evitar problemes en el seu emmagatzematge i transport i a l'hora de cercar destí adequat; a la vegada poden portar diferents tipus de contaminants (químics i biològics) (ADEME, 1985). La seva composició està molt influenciada per les característiques de les aigües tractades (Saña et al, 1980; Saña, 1985), pel tipus de tractament aplicat a la depuradora i per com aquest es du a terme. En els darrers anys la gestió dels fangs ha estat problemàtica (figura 1) degut a que sempre hi ha hagut més preocupació en com surt l'aigua depurada que en la quantitat i composició dels fangs generats.



Figura 1. Diversos retalls diaris amb notícies de fangs de depuradora

Malgrat que a Catalunya es va iniciar molt aviat el control de la composició dels fangs de depuradora urbana i que es va fer quan la seva gestió encara era molt controlable (Saña *et al.*, 1978, 1980; Soliva i Felipó, 1984; Romero *et al.*, 1989; Felipó *et al.*, 1992; Soliva *et al.*, 1992; Mujeriego i Carbó, 1994) el ràpid increment de la instal·lació de depuradores va generar un cert triomfalisme que va fer que no es controlessin els fangs generats de la mateixa manera que es feia amb l'aigua depurada. També ha afavorit aquesta situació la relativa facilitat (econòmica i normativa) de que els fangs tinguessin com destí el sòl.

L'aplicació de residus orgànics (RO) al sòl (Soliva i Felipó, 2003; Soliva, 2004), que mai ha de convertir-se en un abocament encobert (figura 2), presenta avantatges i inconvenients que moltes vegades no s'avaluen correctament degut als diferents interessos dels generadors, gestors i dels possibles receptors/usuaris, afectant negativament el sòl (i als seus atributs i funcions) així com als altres compartiments ambientals (aigua i aire) que no han de carregar amb els efectes d'una incorrecta prevenció pel que fa als abocaments i tractaments d'aigües.



Figura 2. Exemple d'aplicació incontrolada de fangs (Fotografia: J.Pijoan)

Hi ha altres possibles destins per als fangs (abocadors i incineradores) que tenen un cost econòmic més elevat per als generadors i que també estan sotmesos a normatives i condicionants degut als problemes ambientals que poden crear; però seria molt aconsellable que els abocadors i incineradores en actiu en aquest moment s'utilitzessin d'una manera conservadora per allargar la seva vida útil i evitar tenir que construir-ne de nous (en el hipotètic cas que realment es disposés de llocs on instal·lar-los). Els abocadors són "magatzems" de fangs que tindran que manejar les generacions futures, el que fa necessari diligència en trobar solucions a llarg termini valorant molt bé si hi ha o no noves alternatives de tractament.

Cal replantejar la situació, tenint en compte altres residus orgànics generats i altres vies de tractament, determinant en cada cas quin és el destí més adequat i possible, i buscar solucions a llarg termini realitzant un anàlisi bioeconòmic acurat per a totes les possibilitats.

2. El sòl com a receptor de fangs

Ens referim al sòl (agrícola o d'un altre tipus) com a possible receptor de fangs amb l'objectiu de millorar les seves funcions, a la vegada que col·laborar en la gestió correcta dels fangs.

El sòl recurs natural no renovable a curt termini és un sistema viu i complex que evoluciona amb el temps. Tant la seva formació i evolució, com la seva degradació, són el resultat de la cinètica de processos que depenen d'atributs intrínsecs i extrínsecs. Els primers depenen dels factors que participen en la seva formació (tipus de material originari, clima, topografia, vegetació natural i temps) i determinen la seva capacitat per un ús específic. Els atributs extrínsecs depenen de l'ús del sòl i de com es gestiona i maneja (Felipó, 2004). Aquí, per tant, hi intervé com es faci la gestió dels RO a través del sòl. Molts sòls agrícoles de la conca mediterrània pateixen com a principal procés de degradació la pèrdua de matèria orgànica (Rusco *et al.*, 2001). Això és degut a haver estat cultivats des de molt anys i en forma especialment intensiva els darrers decennis.

La matèria orgànica (MO) és un component bàsic pel manteniment de les funcions del sòl. Els agrònoms consideren que els sòls amb menys del 1,7% de MO estan en fase de pre-desertificació (CCE, 2002). Estimacions realitzades recentment afirmen que el sòl de quasi el 75% de la superfície total del Sud de Europa té un contingut baix o molt baix en MO. A Espanya podem trobar inclús sòls amb nivells inferiors al 1,5% (figura 3).

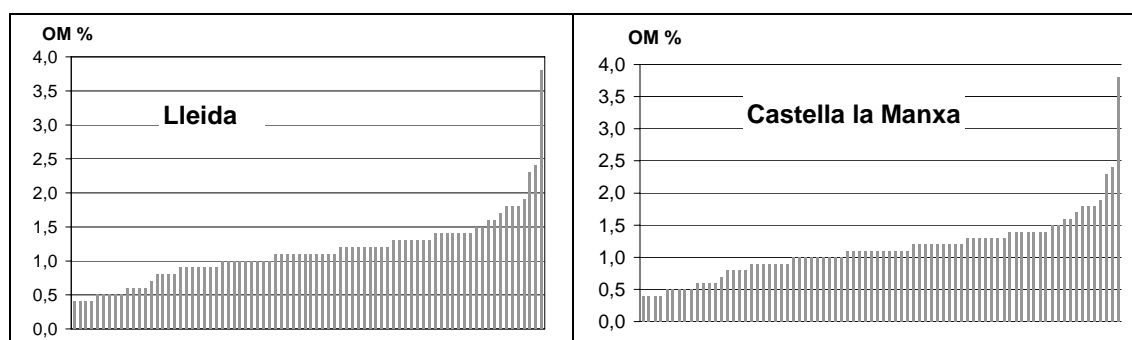


Figura 3. Contingut en MO en sòls de Lleida i de Castella la Manxa (Ministeri de Medi Ambient 2002)

En gestionar residus orgànics a través del sòl es pot pretendre (Felipó, 2002):

- ✓ **Rehabilitar** un sòl, que significa millorar-lo a partir d'un determinat estat de degradació o de baixa productivitat
- ✓ **Restaurar** un sòl, que és quelcom quasi impossible (sobre tot si es vol aconseguir de forma immediata) perquè implicaria restablir el seu estat original
- ✓ **Recuperar** un sòl, que suposa recuperar la funcionalitat

- ✓ i en el cas més utilitzat d'aplicacions agronòmiques, mantenir la fertilitat del sòl i/o cobrir necessitats dels conreus.

Els fangs a l'igual com altres RO, contenen MO i fitonutrients que els fan bons candidats a ser gestionats a través del sòl però amb una aplicació controlada, sense oblidar que poden contenir contaminants, que existeixen altres RO (Westerman i Picudo, 2002) que poden presentar millors característiques i que en certs casos podria no ser aconsellable aplicar-los directament al sòl.

Malgrat s'ha dit i es repeteix molt sovint que els sòls mediterranis en general són pobres en MO, no tots els tipus de MO són adequats per corregir això (Soliva *et al.*, 2004); a més a més, la MO dels fangs, com la de la majoria de RO, va acompanyada de fitonutrients que no sempre són necessaris en la mateixa mida que la MO.

En unes estimacions realitzades l'any 1995 (Martínez, 1995) s'arribava a la conclusió que els diferents residus generats cobririen la demanda de carboni orgànic del sòl de Catalunya per tal de mantenir els nivells i en sobraria per anar incrementant els nivells de MO, però que els conreus no tindrien capacitat per absorbir la totalitat del N i P aportats pels mateixos residus. Tot i que no és del tot correcte fer aquestes estimacions globals, generalitzant el tipus de MO i fitonutrients que tenen els diferents residus, són prou informatives per assenyalar que aquesta i altres estimacions (que no sempre són coincidents) s'hagueren hagut de fer prenent consciència de la impossibilitat de seguir intentant aportar tots els RO i fangs generats al sòl i que era obligat seleccionar els més adequats per les aplicacions directes, els aconsellables per rebre tractament i els que s'havien de desestimar des d'un principi per la seva composició i no crear competències desafortunades entre residus. Això haguera servit a la vegada per escollir el tipus d'instal·lacions de residus més adequades per a cada zona del territori.

3. Composició i destí dels fangs de depuradora urbana

Cal caracteritzar i conèixer els tipus de residus i els canvis deguts als diferents tractaments per poder fer una diagnosi adequada sobre el seu destí, però també per aplicar només aquells tractaments que siguin necessaris i que estiguin contrastats, evitant malbaratar diners i esforços amb sistemes que no aportin solucions reals.

Els gestors de RO, i de fangs en particular, han de tenir la suficient informació i capacitat per poder prendre decisions adequades evitant que els diferents interessos en joc afavoreixin destins ambientalment incorrectes. És aconsellable conèixer bé la seva composició (Saña i Soliva, 1985; Saña, 1985; Garau *et al.*, 1986; Felipó i Garau, 1987; Soliva, 2000; Soliva i López, 2003) i les transformacions que poden patir segons el maneig o tractament. En el cas concret dels fang cal determinar si és possible tractar-los o utilitzar-los directament i els avantatges que pot suposar.

En la taula 1 s'indiquen característiques físico-químiques i químiques d'algunes mostres de fangs en comparació amb un fem de vaquí ben gestionat. En els paràmetres presentats es troben tant els que avaluen el material pel seu contingut en MO com pel seu contingut en fitonutrients o en metalls.

Mostra	1	2	2 *	3	4	Fems vaquí
pH	6,85	6,60	6,03	8,10	9,00	7,95
CE dS/m	2,20	1,30	2,11	2,17	5,92	3,90
% H	83,42	77,31	2,70	75,99	70,40	45,50
ppm N-NH ₄ soluble	11.365	1987	308	4869	n.d.	109
% MOT	67,33	63,28	60,94	57,91	56,41	45,05
% Norg	5,32	7,00	7,62	4,41	3,32	2,05
C/N	6	4,5	4,0	6,6	8,1	11
% MOR resistent	18,38	29,06	32,40	23,49	17,62	22,11
% GE (MOR/MOT)	27,31	45,93	53,18	40,57	31,24	49,09
% NnH (Nresistent)	0,75	0,81	1,25	0,97	0,62	1,05
% NnH/Norg	14,09	11,57	16,40	21,99	18,67	51,22
% P	2,47	2,26	2,11	2,72	3,06	1,36
% K	0,56	0,32	0,31	0,29	0,38	2,34
% Ca	6,00	3,31	3,23	6,93	3,30	5,67
% Mg	0,59	0,49	0,49	1,25	1,29	1,10
% Na	0,24	0,27	0,25	0,25	n.d.	0,43
% Fe	0,48	1,05	1,13	1,56	0,94	0,80
ppm Zn	662	1742	1655	1842	1794	281
ppm Mn	95	126	126	180	146	458
ppm Cu	310	401	385	623	192	75
ppm Ni	45	205	188	174	n.d.	54
ppm Cr	61	555	528	580	7800 **	52
ppm Pb	121	93	82	146	331	22
ppm Cd	1	5,7	4,4	1,9	1	<1

Taula 1. Composició de diferents mostres de fangs resultants de la depuració d'aigües residuals urbanes i/o mixtes, comparades amb un fem de vaquí gestionat correctament (dades pròpies)

* fang procedent de la mateixa depuradora però amb assecat tèrmic**.

Aquesta depuradora rebia aigües residuals d'adoberies.

CE, conductivitat elèctrica; N-NH₄*sol, nitrogen amoniacal soluble; N-NO₃⁻, nitrogen nítric; MOT, matèria orgànica total; MOR, Matèria orgànica resistent; GE, Grau d'estabilitat; N_{org}, Nitrogen orgànic; NnH, Nitrogen no hidrolitzable

La composició és variable entre plantes depuradores (taula 1) o per una mateixa instal·lació entre anys (taula 2)

Instal·lació	any	pH	MOT	org-N	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd
F	1982	6,50	75,80	5,07	698	209	24	112	347	6,0
F	1987	6,90	50,00	3,50	1000					
F	2002	6,80	77,20	6,30	548	153	10	32	53	2,0
SFG	1982	6,90	70,40	4,54	2734	777	35	101	333	7,0
SFG	1987	6,50	58,00	4,50	3300					
SFG	1996	6,18	65,94	5,10	880	947	35	45	148	0,5

Taula 2. Dades de pH, MOT, Norg i metalls pesants de tres períodes diferents en les instal·lacions F i SFG (López, 2002)

La normativa d'aplicació de fangs dona molta importància al seu contingut en metalls i contaminants orgànics (taula 3), però tot hi ser aquest aspecte importantíssim per evitar la dispersió de contaminants, s'hauria de també de tenir en compte la falta d'estabilitat de la MO de molts fangs que fa que en

l'abocador o quan s'apliquen al sòl es descomposin molt ràpidament (figura 4), fet que lligat a l'elevat contingut en nitrogen d'aquests materials pot afavorir la contaminació per nitrogen. Aquest aspecte no és sols important en cas de fer aplicacions agrícoles sinó també en cas d'anar a un abocador o d'utilitzar-se per restaurar sols degradats (Alcañiz *et al.*, 1996; Jorba *et al.*, 2004). El contingut en MO dels fangs i la seva resistència a la degradació està molt lligat al tipus de depuradora però també molt a com s'aplica i es fa el seguiment del seu funcionament. L'estabilitat del fang que s'aconsegueixi en la depuradora farà que la quantitat de fang generat sigui inferior i que el seu maneig (per qualsevol destí que se li doni) sigui més fàcil. No s'ha de plantejar el problema del destí dels fangs sense incloure'l en tot el procés de la depuració, de manera global i de principi a final.

Elements	Límit (mg/kg m.s.)		Límit (mg/kg P)
	Directiva 86/278/CEE	Proposta	Proposta
Cd	20 - 40	10	250
Cr	1.000 - 1.750	1.000	25.000
Cu	1.000 - 1.750	1.000	25.000
Hg	16 - 25	10	250
Ni	300 - 400	300	7.500
Pb	750 - 1.200	750	18.750
Zn	2.500 - 4.000	2.500	62.500

Compostos orgànics	Límit (mg/kg m.s.)
AOX ¹	500
LAS ²	2.600
DEHP ³	100
NPE ⁴	50
PAH ⁵	6
PCB ⁶	0,8

Dioxines	ng TE/kg m.s.
PCDD/F ⁷	100

Taula3. Directiva 86/278/CEE i modificacions previstes en l'esborrany de fangs de la UE.

1: sumatori de compostos orgànics halogenats

2: Sulfonats d'alquilbenzè linears

3: Di(2-etilhexil)ftalat

4: Comprén nonilfenol i nonilfenoletoxilats amb 1 ó 2 grups etoxi

5: Sumatori dels següents HAP: acenaptè, fenantrè, flourè, fluorantè, pirè, benzo(b+j+k)fluorantè, benzo(a)pirè, benzo(ghi)perilè, indeno(1,2,3-c,d)pirè

6: Sumatori dels components de bifenils policlorats de nombre 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

7: Dibenzodioxines policlorades/ dibenzofurans

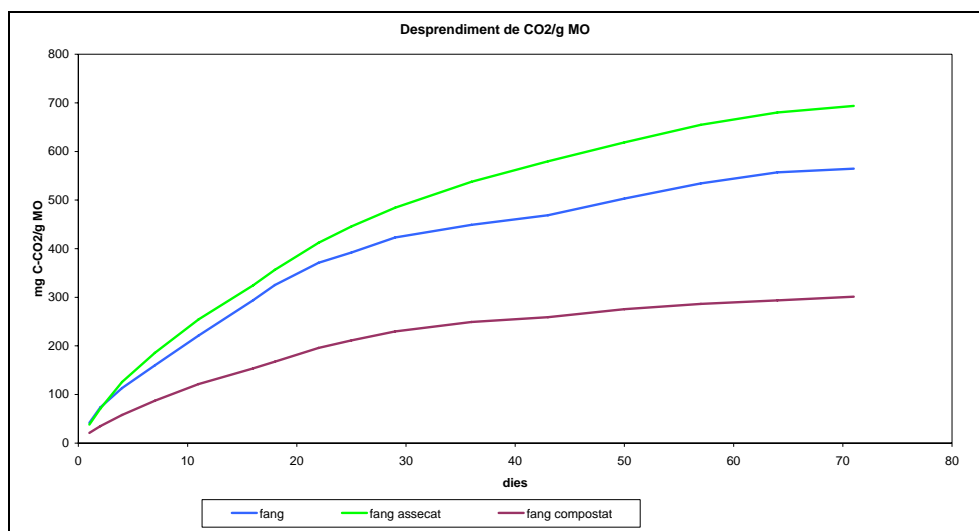


Figura 4. Proves de mineralització de barreges de fang (amb diferents tractaments) i sòl (Fernández, 2001)

		aportant 150 kg Norg/ha/any		
		Fang 1	Fang 2	Fang 3
MS	kg	2820	2143	3401
MOT	kg	1898	1356	2041
MOR	Kg	518	623	799
P	kg	70	48	93
Zn	g	1867	3733	6265
Cu	g	874	270	2119
Ni	g	127	439	592
Cr	g	172	1189	1973
Pb	g	341	199	497
Cd	g	3	12	6

Taula 4. Diferents quantitats de determinats components que aportarien algun dels fangs de la taula 1 quan s'apliquessin en una dosi corresponen a 150 kg de N ha⁻¹

La composició d'un fang depèn molt del seu origen, però segur que un millor control de les aigües d'entrada i dels mètodes de depuració pot potenciar el valor dels components útils i disminuir la perillositat d'altres (Amorena, 1995; Gómez i de la Peña, 1990). En la figura 5 s'aprecien les millores en la composició en metalls de fangs d'una depuradora en controlar les aigües d'entrada.

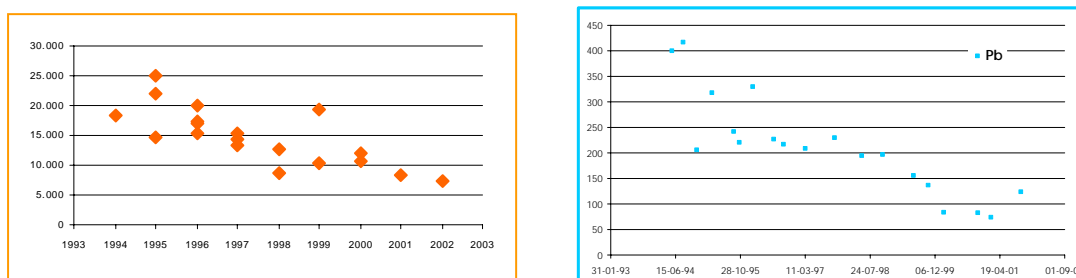


Figura 5. Evolució en la concentració de Cr i Pb (mg kg⁻¹) en els fangs dues depuradores al llarg dels anys al controlar-se les aigües d'entrada (López, 2001).

4. Utilització dels fangs en l'agricultura

Donat que l'aplicació agrícola de fangs o del compost que es pot obtenir d'ells és fins al moment la via més econòmica de gestió cal ser exigent en els condicionaments per l'acceptació dels fangs i així afavorir el control de les aigües residuals que arriben a les depuradores i el procés de depuració i de tractament del fang en la mateixa depuradora.

Pretendre reciclar tots els RO a través del sòl, sense seleccionar els que són més adients, o improvisar en la cerca d'altres alternatives, pot portar la gestió dels residus a una situació caòtica degut a:

- ◆ sobrepassar la capacitat dels nostres sòls i els seus cultius per reciclar matèria orgànica i nutrients
- ◆ arribar a plantejar una "guerra" de residus i d'interessos
- ◆ dispersar contaminants en l'entorn

- ♦ invertir molt esforç i diners en instal·lar grans plantes de tractament que no podran solucionar el problema; i, com l'experiència ha demostrat en altres ocasions, aconseguir únicament encarir, complicar i desprestigiar la gestió dels residus

Hi ha la idea generalitzada de que l'aplicació de fangs al sòl agrícola, o d'un altre tipus, és beneficiosa per a la producció vegetal i que només cal controlar la possibilitat d'acumulació de contaminants (taula 3) i la seva transferència a la cadena tròfica. Aquest tipus de control tot i ser molt important és insuficient. Si es té que utilitzar o no un fang, en quina dosi (taula 4) i en quin moment, així com la manera d'avaluar el seu comportament, ha de fer-se des de el punt de vista de la millora de les característiques del sòl, de la producció i qualitat dels vegetals, i de l'estudi de totes les possibles vies de dispersió de contaminants (aire, aigua, sòls i cadena tròfica). L'ús dels fangs té interès, però tenint en compte que el seu comportament és diferent del d'un fem (taula 1) o d'un compost ben establitzat (Bernat *et al.*, 2001); allibera nitrogen més fàcilment i els beneficis que genera pel tipus de MO (menys establitzada) que aporta, són inferiors. Aplicar un fang amb un contingut elevat en MO i poc estable, pot afavorir un creixement ràpid dels vegetals, però a la vegada generar excessos de nitrogen i fòsfor (figures 6a i 6 b) i no afavorir una millora de les propietats físiques del sòl.

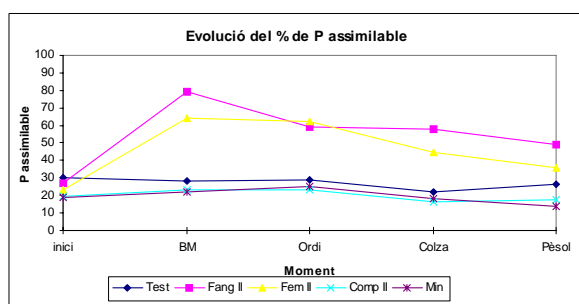


Figura 5 a. Evolució del fòsfor assimilable del sòl, al llarg d'una rotació segons tipus de RO aplicat.

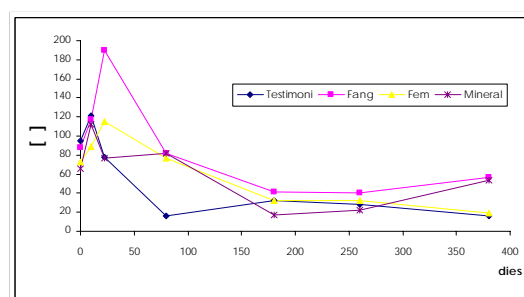


Figura 5 b. Contingut en nitrats en el sòl al llarg d'una rotació segons tipus de RO aplicat.

No es pretén dir que l'aplicació de fangs al sòl no ha de fer-se, sinó que cal fer-ho sota control i quan sigui aconsellable. En ser un producte amb excedents de vegades hi ha la tendència d'utilitzar-lo en dosis superiors a les necessàries o en aplicacions no idònies (figura 1), com passa moltes vegades amb els residus líquids ramaders. Reciclar adequadament RO pot coincidir amb els objectius de l'agricultura sostenible (incrementar el contingut en MO dels sòls, reduir l'ús de fertilitzants mineral, millorar l'economia de les explotacions agrícoles i afavorir la gestió correcta dels RO), amb el document de protecció del sòl publicat per la UE i amb l'interès actual per fomentar el segrest de carboni per part dels sòls. Per això, aquesta utilització, a l'igual que altres possibles opcions, s'ha de fer amb visió de futur, de forma que es pugui mantenir en el temps, prioritzant la protecció i sempre i quan continuï resultant una operació viable des del punt de vista econòmic, de gestió i aconseguint l'acceptació social. És interessant

disposar d'eines bioeconòmiques que permetin identificar les vies més avantatjoses de gestió dels diferents RO (Andrews *et al.*, 1999) d'acord amb la sostenibilitat que tant pregonem i sobre tot quan són tants els grups involucrats en la presa de decisions i en la possible afectació.

5. Compostatge dels fangs

Compostar (transformació biològica dels residus en condicions controlades) consisteix en gestionar els residus orgànics d'una manera respectuosa amb l'entorn, involucrant i responsabilitzant a la societat que els genera i donant al producte obtingut (compost) el destí adequat (Giménez *et al.*, 2005). És a la vegada una ciència i un art; és un procés controlat, biooxidatiu i termòfil que, gràcies a una activitat microbiològica complexa transforma els residus orgànics en un producte estabilitzat, aplicable al sòl, sobre el que produirà un efecte beneficiós (Saña i Soliva, 1987; Soliva, 2001). El que això s'aconsegueixi amb una tecnologia senzilla o complexa dependrà de les quantitats de residus a tractar, de la disponibilitat d'espai i de temps i, evidentment, del pressupost.

El compostatge ocupa un determinat lloc en la gestió integral dels residus; és un tractament biològic de RO tant antic com l'agricultura i com la producció de residus. En la situació actual el que ha variat és el motiu pel que s'aplica (Soliva, 1998); molts anys endarrere era imprescindible conservar la matèria orgànica i els fitonutrients continguts en els residus per poder mantenir la fertilitat del sòl (Saguer i Garrabou, 1996); actualment es disposa d'altres mitjans, encara que no sempre són suficients ni s'apliquen correctament, i massa vegades es proposa el compostatge més com una necessitat per la gestió de residus que com a benefici de sòls i collites. Si es pensa que el compost ha de ser aplicat al sòl, les restriccions han de ser més rigoroses que si es pensa en compostar per reduir pes i volum dels residus; en aquest darrer cas, tot i que es pot ser més tolerant, han d'existir també unes condicions, encara que d'un altre tipus. Es tracta, en definitiva, d'establir uns requisits per tal d'evitar que es faci un mal ús del compostatge, que es converteixi en una manera encoberta d'enviar residus cap els sòls o que es faci en condicions tant inacceptables que creï molèsties al veïnatge i problemes ambientals greus.

Els materials a compostar han de presentar, per si sols o barrejats, unes característiques que afavoreixin i facilitin el procés per dur-lo a terme en les millors condicions (energètiques, econòmiques i ambientals) possibles. Els fangs presenten unes característiques inadequades per ser compostats sols; cal barrejar-los amb materials de característiques complementàries que els hi aportin porositat, estructura i sobre tot equilibri en biopolimers i nutrients (principalment C/N) per aconseguir un procés termòfil eficient i evitar problemes ambientals o costos excessius per controlar-los (Soliva *et al.*, 1993; Arbiol *et al.*, 1993). És veritat que la necessitat de materials complementaris obliga a tenir-ho en compte en el dimensionament de les plantes i a manejar,

sobre tot en les primeres fases, majors volums, però és una decisió que cal prendre i valorar si el que es vol fer és compostar.

En compostar els fangs es transformen en un producte, més sec, més manejable i que si ha estat correctament transformat conservarà i concentrarà els fitonutrients originals¹. Desgraciadament el fet de que molts fangs no es puguin aplicar directament al sòl o que siguin difícils de transportar degut al contingut en aigua ha fet que s'hagi descontrolat bastant el seu tractament trobant-se plantes que ho fan amb barreges inadequades, sense mesures de control del procés ni d'emissions que ha generat molts problemes i rebuig de la societat cap a aquest tipus d'instal·lacions². S'oblida massa sovint que el compostatge, si es fa correctament, transforma el residu reduint el pes, el volum i la problemàtica de la seva fermentabilitat i per tant facilitant la posterior gestió, però evidentment amb un cost. El destí lògic del compost hauria de ser l'aplicació com a esmena, fertilitzant o substrat però això depèn dels contaminants presents en els materials compostats i en la manera que s'ha controlat la seva transformació; si aquest no és el destí per no complir les exigències normatives (RD 824/2005), per tenir poca acceptació, estar el mercat saturat, o perquè ja s'ha plantejat com "compostatge gris", qualsevol altre destí també ha de ser avaluat de principi a final per a minimitzar costos (ambientals i econòmics).

6. Comentari final

Les innovacions i noves tendències en el destí dels fangs no han de referir-se solament a les innovacions tecnològiques (sense oblidar-les) perquè aquestes, en una societat en canvi com la nostra, ja es poden donar per segures; el que ha de ser nou ha de ser el aplicar-les quan calgui i de manera adequada. Podríem parlar d'innovacions i tendències en aspectes com:

- Ser responsables en el moment de generar i abocar aigües residuals
- Ser respectuosos i seriosos en el moment de planificar estacions de tractament i escollir la tecnologia i, sobretot, en el moment de decidir el destí dels fangs; així com també ser molt respectuosos en el moment de transformar aquests temes en notícia
- I, sobretot, que la gestió dels residus fos un fet en el que tots hi participéssim (Felipó *et al.*, 2004; Soliva *et al.*, 2004). Seria una novetat, una innovació que s'aconseguís un treball més coordinat.

Ser innovadors no vol dir copiar, ni aplicar simplement la tecnologia "més nova" ni la més cara, ni deixar en mans de determinades empreses el destí dels residus del nostre entorn; l'elecció d'una tecnologia senzilla o puntera dependrà de cada situació particular, valorant raonadament i en conjunt els avantatges i els inconvenients. Cal informació, innovació i imaginació. Queda clar que fa

¹ Cal ser conscients que també es concentraran els metalls pesats per això cal controlar-los en els materials d'entrada

² "...els veïns vam descobrir que el que s'havia iniciat com a planta de compostatge que té un nom molt agradable i sona a ecològic...havia esdevingut amb el temps una instal·lació de residus industrials...que té un expedient per passar-se en un 77% en els residus a tractar.... entre els que hi ha fangs de depuradora..." *Diari gratuït Bon dia*, 19 de desembre 2006

falta també tenir en compte el pressupost de que es disposi, però segurament es pot dir que quan un sistema de gestió o tractament no ha funcionat o no funciona no ha estat, en la majoria dels casos, per manca de pressupost.

7. Bibliografia

ADEME. 1985. "Les micro-polluants organiques dans les boues résiduaire des stations d'épuration urbaines". Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Angers. França.

ADEME. 1985. "Les micropolluants métalliques dans les boues résiduaire des stations d'épuration urbaines". Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie.. Angers. França.

Alcañiz, J.M., Comellas, L., Pujolà, M. 1996. "Manual de restauració d'activitats extractives amb fangs de depuradora. Recuperació de terrenys marginals". Junta de Sanejament (Editor). Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Amorena, A. 1995. "Plan integral de reutilización de lodos de depuradora en la comarca de Pamplona". En el libro: Gestión y utilización de residuos orgánicos para la agricultura. Fundación La Caixa/AEDOS. ISBN: 84-7664-503-1

Andrews, S.S; Lohr, L. i Cabrera, M.L. 1999. "A bioeconomic decision model comparing composted and fresh litter for winter squash". *Agricultural Systems* 61: 165-178

Arbiol, M.; Benito, P.; Soliva, M.; Villalva, D.; Molina, N. 1993. "Pruning residues and sewage sludge co-composting". En: Proceedings of International Conference on environmental pollution. Vol 2. ISBN 0 9521673 0 1.

Bernat, C.; Casado, D.; Ferrando, C.; Paulet, S.; Pujol, M.; Soliva, M. 2001. "Compost, manure and sewage sludge applied to a crop rotation". En: Sangiorgi, F. (Ed). Recycling of Agricultural Municipal and Industrial residues in Agriculture. Milan.

Directive 2000/76/EC, on waste incineration

Felipó, M.T.; Garau, M.A.; Pascal, M.D. i Cardús, J. 1982. "Reutilización de aguas y lodos residuales procedentes de depuradoras municipales a través del suelo". *Anales Edafología y Agrobiología* XLI: 9-10.

Felipó, M.T.; Garau, M.A.; Soliva, M.; Saña, J. 1982. Posibilidades de aprovechamiento de lodos de depuradoras en aguas residuales como enmienda y fertilizante. Conferencia contra la polución del Mediterraneo. Libro de Actas.

Felipó, M.T. i Garau, M.A. 1987. "Comparison of biological and Chemical methods to determine available nitrogen in sewage sludge amended soil". *Biology and fertility Soils*, (5)1:26-30.

Felipó, M.T. 2002. "Utilización de materia orgánica residual urbana en la recuperación de suelos degradados". "AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE: Nuevos Avances en Conservación y Manejo de Agrosistemas". Curso patrocinado por la Fundación Universidad de Verano de Castilla y León. Segovia 1-5 de julio

Felipó, M.T. 2004. "Ús del sòl i sostenibilitat agrària. Els sols de Catalunya: un recurs natural limitat". *La terra i el medi*. Publicacions de la Presidència del Institut d'Estudis Catalans, nº 17.

Felipó, M.T.; Huerta, O.; López, M.; Soliva, M. 2004. "Research on organic wastes soil recycling and its applicability to local scenarios". En: Ferrer-Balas, D.; Mulder, K.F.; Bruno J. i Sans, R. (Eds.), II International Conference on Engineering Education in Sustainable Development. EESD. © CIMNE and UPC Barcelona.

Fernández, M. 2001. "Mineralització de fangs i composts de diferent origen". Informe Conveni ESAB -Junta de Residus.

Garau, MA; Felipó, M.T. i Ruiz de Villa; M.C. 1986. "Nitrogen mineralization of sewage sludges in soils". *Journal Environmental Quality*, 15(3):225-228

Generalitat de Catalunya. 1993. Llei 6/1993, de 15 de juliol, reguladora dels residus. D.O.G.C. nº 1776, 28 July 1993.

Giménez, A.; Gea, V.; Huerta, O.; López, M.; Soliva, M.. "Aproximación a la situación actual en Cataluña del mercado del compost elaborado a partir de la fracción orgánica de residuos municipales recogida selectivamente". II Congreso sobre residuos biodegradables y compost Sevilla, 20-21 de Octubre de 2005. Instituto para la sostenibilidad de los residuos.

Gómez, L.A.; de la Peña, G. 1990. "Sistemática seguida y resultados obtenidos en el control de vertidos y residuos industriales de carácter tóxico y peligroso en la comarca de Pamplona". Ponència a: I Congreso internacional de química de la ANQUE: "Residuos sólidos y líquidos: su mejor destino". Puerto de la Cruz (Tenerife), 3, 4 y 5 de diciembre

Jorba, M.; Josa, R.; Hereter, A.; Vallejo, R. 2004. "Improvement of the physical quality of substrates used in ecological restoration of open limestone quarries". Fourth International Conference on Land Degradation. Murcia.

López, M. 2002. "Elements potencialment tòxics en fangs de depuradora: raons per establir límits en els continguts i en l'aplicació". Informe Conveni ESAB-AGBAR

Martínez, F.X. "Posibles usos de los residuos urbanos en agricultura: abono, enmienda orgánica y sustrato de cultivo". 1995. En: Gestión y utilización de residuos orgánicos para la agricultura. ISBN: 84-7664-503-1. Fundación La Caixa/AEDOS.

Mujeriego, R.; Carbó, M. 1994. "Reutilització dels fangs en agricultura. Informe Tècnic". Editat per Consorci de la Costa Brava. ISBN 84-920002-1-x.

Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO,

por la que se establece un marco para la protección del suelo y se modifica la Directiva 2004/35/CE. Bruselas, 22.9.2006. COM(2006) 232 final. 2006/0086 (COD)

RD 824/2005. Sobre productos fertilizantes.

Romero, R., Saña, J. i Balanyà, T. 1989. "Manual d'utilitats dels fangs de depuradora com a adob". Quaderns de divulgació, nº 12. IRTA

Rusco, E., Jones, R., Biboglio, G. 2001. "Organic matter of the soils in Europe: present status and future trends". European Soil Bureau. Soil and Waste Unit. Institute for Environment and Sustainability. JRC. Ispra. 12pp.

Saguer, E.; Garrabou, R. 1996. "Métodos de fertilización en la agricultura catalana durante la segunda mitad del siglo XIX". La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica. Colección Economía y Naturaleza. Fundación Argentaria. pp89-126. ISBN 84-7774-974-4

Saña, J.; Cohí, A.; Bonmatí, M.; de la Riva, A.; Soliva, M.; Felipó, M.T.; Garau, M.A. 1980. "Los fangos de depuradora y su uso como fertilizantes". VII Congreso Nacional de la Industria Química.

Saña, J.; Garau, M.A.; Felipó, M.T.; Cardús, J. 1980. "Composició química i propietats físiques de fangs residuals i la seva aplicació agrícola". Anales de la Sección de Químicas del Colegio Universitario de Gerona, vol. 3.

Saña, J.; Garau, M.A.; Felipó, M.T.; Soliva, M. 1980. "Organic composition of municipal sewage". Actas del International Symposium Humus and Plant VII.

- Saña, J. 1985. "Els fangs de depuradora com adobs orgànics". Quaderns Agraris, nº 6. ICEA
- Saña, J. 1985. "La utilització dels fangs de depuradores urbanes com a adobs. Caracterització de la seva fracció orgànica". Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona..
- Saña, J., Soliva, M. 1985. "Qualificació global d'un adob orgànic com a font de matèria orgànica, com a nutrient mineral i com a contaminant". Quaderns Agraris, nº 6. ICEA
- Saña, J., Soliva, M. 1987. "El compostatge: procés, sistemes i aplicacions". Quaderns d'Ecologia Aplicada, nº111. Servei del Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.
- Soliva, M.; Felipó, M.T.; Garau, M.A.; Saña, J. 1982. "Com aprofitar per l'agricultura els fangs residuals derivats de la contaminació". Ciència, 22.
- Soliva, M.; Felipó, M.T. 1984. "Gestión y reutilización agrícola de lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales". En el libro: Depuración y reutilización de aguas residuales.
- Soliva, M.; Villalba, D.; Vilarasau, B.; Arbiol, M. 1993. Characterization of composted pruning materials from urban gardens. Acta Horticulturae, 342:361-370.
- Soliva, M. 1998. "Tecnología del compostaje: efectos de la propuesta de Directiva CEE 97/C 156/08". Jornadas sobre tratamientos biológicos integrados, BIOMETA 98. Àrea Metropolitana de Barcelona. Entitat del Medi Ambient.
- Soliva, M. 2000. "Aplicación de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas a la agricultura". IQPC. Forum Internacional: Tratamiento de lodos de depuradora: su minimización, valorización y destino final. Madrid. Marzo 2000
- Soliva, M. 2001. Compostatge i Gestió de Residus Orgànics. Estudis i monografies nº 21. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Barcelona.
- Soliva, M. i López, M. 2003. "El destino final de los lodos. Criterios para la decisión. Aplicación al suelo". Seminario sobre Producción y Gestión de lodos de Depuradora. MIMAM-AGBAR, marzo 2003
- Soliva, M., Felipó, M.T. (2003). "Organic wastes as a resource for Mediterranean soils". In Langenkamp, H., Marmo, M. (Eds). Proceedings of the Workshop Biological Treatment of Biodegradable Wastes. Technical Aspects. pp. 249-272. Brussels.
- Soliva, M. 2004. "Organic waste in Spain: a problem that should be a resource". En Bernal, M.P.; Moral, R.; Clemente, R.; Paredes, C. (Eds). Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety. Proceedings of 11th International Conference of the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Vol. I RAMIRAN. Murcia, 6 - 9 de Octubre
- Soliva, M.; Bernat, C.; Gil, E.; Martínez, X.; Pujol, M.; Sabaté, J. and Valero, J. "Organic waste management in education and research in agricultural engineering schools". II International Conference on Engineering Education in Sustainable Development. EESD (2004). D. Ferrer-alas, K. F. Mulder, J. Bruno and R. Sans (Eds.). © CIMNE and UPC Barcelona, 2004.
- Soliva, M.; López, M.; Huerta, O.; Valero, J.; Felipó, M.T. (2004). Waste organic matter quality versus soil amendment effects. En Bernal, M.P.; Moral, R.; Clemente, R.; Paredes, C. (Eds). Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety. Proceedings of 11th International Conference of the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. RAMIRAN. Murcia, 6 - 9 de Octubre de 2004. Vol. I: p 201-204
- Westerman, P and Picudo J. "Management strategies for organic waste use in agriculture". Proceedings of the 10th International Conference of the Ramiran Network. Slovak Republic, 2002. May 14-18. pp85-91.